

## PENGARUH ALUMINA TERHADAP MEMBRAN BLEND KITOSAN-POLIVINIL ALKOHOL- LITIUUM SEBAGAI MEMBRAN ELEKTROLIT BATERAI

### Alumina Effect on Membrane Blend Chitosan-Polyvinyl Alcohol-Litium as Electrolyte Membrane Batteries

**\*Eka Putra Mesakh, Mery Napitupulu dan Siang Tandi Gonggo**

Pendidikan Kimia/FKIP - University of Tadulako, Palu - Indonesia 94118

Recieved 01 March 2017, Revised 03 April 2017, Accepted 02 May 2017

#### Abstract

*The research aim was to study the effect of adding % weight alumina on the conductivity of polymer electrolyte chitosan-PVA-lithium. The characterization of functional groups were determined using fourier transform infrared spectrometry (FTIR). Ionic conductivity of polymer electrolyte chitosan-PVA-lithium-alumina was measured by using impedance spectroscopy. The measurement results show the polymer electrolyte with the addition of 5% alumina provide the highest ionic conductivity of  $3.991 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ . Battery characteristics of electrolyte polymer of chitosan-PVA-lithium with the addition of alumina have a voltage of 1.4 Volts compared to commercial batteries which have a voltage of 1.5 Volts. These results indicate that alumina can be used as a filler to increase the ionic conductivity.*

Keywords: battery, chitosan, polyvinyl alcohol, alumina, lithium, electrolyte membrane

#### Pendahuluan

Perkembangan baru teknologi baterai telah mengarah pula pada baterai dalam bentuk yang tipis serupa kertas (*Li-ion nanocomposite paper*). Baterai ini diharapkan mampu meminimalisasi permasalahan global yang lebih besar terkait dengan kebutuhan energi yang terus meningkat dan adanya tuntutan energi bersih (Riyanto, dkk., 2011).

Polimer elektrolit banyak ditemukan dalam bentuk baterai polimer seperti baterai polimer ion litium. Baterai polimer ion litium itu sendiri terbuat dari ion litium yang di holding ke polimer elektrolit. Matriks pengisi yang digunakan dalam pembuatan baterai polimer ion litium umumnya adalah polimer sintetik (Ghufira, dkk., 2013).

Elektrolit polimer padat tersusun atas penggabungan bahan anorganik seperti garam lithium dalam matriks polimer. Bahan-bahan ini menunjukkan konduktivitas ionik lebih rendah dari cairan elektrolit, namun, kurang reaktif dengan lithium, sehingga meningkatkan keamanan baterai. Polimer alam

seperti kitosan berpotensi untuk digunakan sebagai pengaplikasian membran elektrolit, sebab kitosan dapat dibuat secara sederhana dilaboratorium serta memiliki stabilitas termal yang tinggi. Kitosan memiliki gugus amino dan gugus hidroksil yang memungkinkan untuk dimodifikasi. Modifikasi membran kitosan diharapkan dapat menghasilkan membran dengan karakter yang lebih baik seperti peningkatan kestabilan membran (Jin, dkk., 2004), memperkecil ukuran pori-pori membran sehingga pemisahan molekul-molekul atau rejeksi makromolekul dari suatu larutan oleh membran lebih efektif (Wang, dkk., 2001).

Proses modifikasi membran kitosan dalam penelitian ini dilakukan dengan penambahan bahan pembentuk struktur semi interpenetrating polymer network (semi-IPN) yaitu polivinil alkohol (PVA) karena sifat mekaniknya yang baik (Ghufira, dkk., 2013).

Kombinasi dari 40 weight percentage (wt%) kitosan dan 60 weight percentage (wt%) polivinil alkohol mampu membentuk material film yang kokoh namun memiliki konduktivitas rendah. Selain itu, penambahan PVA dalam penelitian ini dimaksudkan untuk meningkatkan kekuatan membran kitosan. Polimer elektrolit yang mengandung garam

\*Korespondensi:

Eka Putra Mesakh

Program Studi Pendidikan kimia, Fakultas Keguruan dan

Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako

email: ekatraf@gmail.com

© 2017 - Universitas Tadulako

litium cenderung akan mengkristal pada suhu kamar. Untuk mengurangi potensi tersebut maka digunakan filler sebagai bahan tambahan yang dapat mengurangi pengkristalan tersebut (Tang, dkk., 2007). Filler yang telah dikembangkan saat ini untuk mengurangi material yang bersifat racun dan berbahaya ialah filler yang dapat didegradasi (*biodegradable*), salah satu filler yang dapat digunakan adalah alumina.

Aluminium oksida (alumina) adalah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan rumus kimia  $Al_2O_3$ . Senyawa ini diketahui merupakan insulator listrik yang baik, sehingga digunakan secara luas sebagai bahan isolator suhu tinggi, karena memiliki kapasitas panas yang besar (Xu, dkk., 1994).

Alumina juga dikenal sebagai senyawa berpori sehingga dimanfaatkan sebagai adsorben (Ghababazade, dkk., 2007). Sifat lain dari alumina yang sangat mendukung aplikasinya adalah daya tahan terhadap korosi (Mirjalili, dkk., 2011) dan titik lebur yang tinggi, yakni mencapai 2053-2072°C (Budavari, 2001).

Tulisan ini dimaksudkan untuk mempelajari dan menentukan pengaruh alumina terhadap konduktivitas membran blend kitosan-polivinilalkohol-litium-alumina.

## Metode

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam pembuatan membran yaitu: Gelas kimia, gelas ukur, pipet tetes, labu ukur, erlenmeyer, neraca analitik, cawan petri, spatula, pinset, aluminium foil, *hot magnetic stirrer*, dan oven. Sedangkan alat yang digunakan analisis morfologi yaitu: mikrometer skrup, multimeter tipe 410, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) (*Prestige 21 Shimadzu*) dan spektroskopi impedansi (*Egilent 4980A*). Sedangkan bahan yang digunakan meliputi Kitosan, padatan Polivinil Alkohol (*Merck*), padatan  $LiClO_4$  (*Sigma Aldrich*), padatan alumina fume (*Sigma Aldrich*), asam asetat (*Merck*), dan aquades.

### Prosedur penelitian

#### *Pembuatan Membran Elektrolit Kitosan-Polivinil Alkohol-Litium dengan Penambahan Alumina*

Pembuatan membran elektrolit kitosan-PVA-litium dengan penambahan alumina, mula-mula kitosan sebanyak 40% berat dari berat kitosan + PVA dilarutkan dengan menggunakan asam asetat 1% sebanyak 50 mL, lalu diaduk

menggunakan magnetic stirrer. Setelah itu PVA sebanyak 60% berat dari berat kitosan + PVA dilarutkan dengan aquades sebanyak 30 mL dan dipanaskan dengan menggunakan *hot magnetic stirrer* secara pelan-pelan hingga suhu 90°C lalu. Setelah keduanya larut, masing-masing larutan tersebut disaring, kemudian dicampur dan diaduk kembali hingga kedua campuran homogen. Setelah homogen, litium 2% berat dari berat total material membran ditambahkan ke dalam campuran tersebut dan dilarutkan kembali hingga semuanya homogen. Setelah itu alumina 1% berat dari berat total material membran ditambahkan ke dalam campuran dan dihomogenkan kembali. Setelah homogen, campuran dituang pada cawan petri kemudian dioven selama 2 jam pada suhu 75°C, kemudian dikeringkan pada suhu kamar selama 2 minggu. Penambahan alumina divariasikan komposisinya yaitu: 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% (Marareza, 2014).

#### *Karakterisasi Membran Elektrolit*

Karakterisasi yang dilakukan terhadap membran adalah analisis gugus fungsi dan uji konduktivitas dan membandingkan nilai Potensial baterai berbahan dasar elektrolit polimer dengan baterai komersial. Analisis gugus fungsi ditentukan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*). FTIR adalah suatu spektrofotometer yang digunakan untuk menganalisis gugus fungsi yang terdapat pada suatu material. Prinsip kerja dari spektrofotometer ini adalah interaksi antara cahaya dan materi pada panjang gelombang 800-10.000 nm (Joni, 2007).

Sinar inframerah apabila dilewatkan melalui cuplikan senyawa-senyawa organik, maka sejumlah frekuensi diserap sedang frekuensi yang lain diteruskan/ditransmisikan tanpa diserap (Sastrohamidjojo, 2007). FTIR *Prestige 21 Shimadzu* merupakan alat yang digunakan dalam karakterisasi membran pada penelitian ini, dimana sampel membran digerus bersama dengan zat KBr bebas air hingga menjadi homogen. Kemudian dibuat pelet dengan melakukan pressure yang setara dengan 10 ton. Selanjutnya dirunning menggunakan FTIR (Marareza, 2014).

Konduktivitas membran ditentukan menggunakan spektroskopi impedansi merek *Egilent 4980A*. Spektroskopi impedansi adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur sifat bahan yang meliputi induktansi, kapasitansi dan konduktansi terhadap fungsi

frekuensi. Hasil pembacaan spektroskopi impedansi digambarkan dalam impedansi atau hambatan suatu arus listrik dari sampel yang diukur (Syahril, 2012)

#### *Uji Perbandingan Potensial Antara Membran Elektrolit dengan Baterai Komersial.*

Pengujian Potensial membran elektrolit kitosan-PVA-Litium-alumina, dilakukan pembuatan baterai yang mengacu pada Subban, dkk., (1996), dimana teknik pembuatan baterai yang dilakukan adalah dengan memotong bahan polimer elektrolit kitosan-PVA-litium-alumina menjadi ukuran 5 x 4 cm, yang selanjutnya diletakkan diantara katoda dan anoda. Elektroda yang digunakan dalam pembuatan baterai ini yakni Zink dan Karbon (grafit), dimana zink bertindak sebagai anoda dan mangan dioksida bertindak sebagai katoda.

Baterai yang dibuat dari elektrolit polimer diukur dengan menggunakan multimeter digital tipe 410. Baterai komersial yang digunakan dalam pengukuran ini menggunakan baterai merk ABC sebanyak 1 buah. Pengukuran baterai elektrolit polimer dilakukan dengan mengukur Potensial baterai elektrolit polimer pada komposisi penambahan alumina 1% - 5% dan tanpa penambahan alumina (0% alumina), lalu dibandingkan dengan Potensial pada baterai komersial tersebut (Mohamed, dkk., 1995)

### **Hasil dan Pembahasan**

#### *Analisis FTIR*

Hasil analisis gugus fungsi Kit-PVA-Li dan Kit-PVA-Li-Alumina 5% dengan FTIR menghasilkan spektrum yang disajikan pada Gambar 1 dan 2.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan FTIR membran elektrolit yang disintesis adalah membran padat yang merupakan campuran dari kitosan-polivinil alkohol-litium-alumina dengan menggunakan variasi 1, 2, 3, 4, dan 5% (w/w) dan tanpa penambahan alumina sebagai sampel pembanding. Hasil Spektrum FTIR sampel menunjukkan beberapa pita-pita serapan inframerah yang variatif pada penambahan 0% hingga 5% alumina. Pada daerah panjang gelombang 3000 – 3500  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan pita kuat dengan serapan melebar yang menandakan adanya gugus OH dan gugus  $\text{NH}_2$  yang saling tumpang tindih (Sastrohamidjojo, 2007). Munculnya serapan melebar pada daerah panjang gelombang tersebut juga mengindikasikan adanya ikatan hidrogen intermolekul dan intramolekul yang terbentuk dalam molekul-

molekul yang mengandung gugus hidroksi serta gugus  $\text{NH}_2$ , yang berasal dari senyawa polivinil alkohol dan senyawa kitosan (Paradossi, dkk., 1996).

Dari hasil spektrum serapan tersebut, dapat pula diketahui bahwa gugus hidroksi yang teridentifikasi pada bilangan gelombang 3000 – 3500  $\text{cm}^{-1}$  merupakan suatu alkohol sekunder, yang ditandai dengan adanya pita lemah pada bilangan gelombang dekat 1000  $\text{cm}^{-1}$  menandakan adanya ikatan C-O (Sastrohamidjojo, 2007). Hal ini dapat dilihat pada sampel penambahan alumina 0% - 5% dengan munculnya pita serapan pada bilangan gelombang 1089,78  $\text{cm}^{-1}$  untuk 0% dan 5%, dan pita serapan pada bilangan gelombang 1091,71  $\text{cm}^{-1}$  untuk 1% dan 3%, serta pita serapan pada bilangan gelombang 1087,85  $\text{cm}^{-1}$  untuk 2% dan terakhir pita serapan yang muncul pada bilangan gelombang 1085,82  $\text{cm}^{-1}$  untuk 4%.

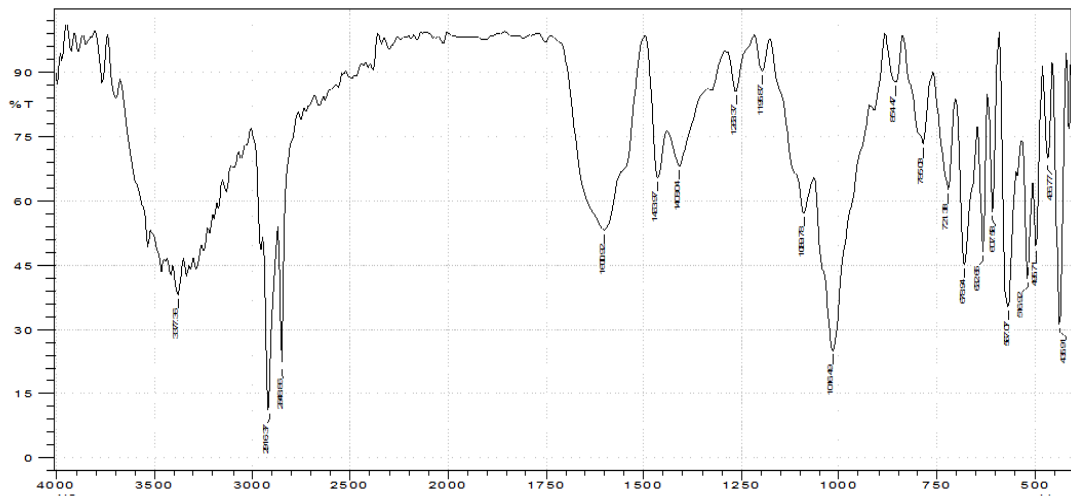
Pita lemah serta tajam pada daerah 2800 – 3000  $\text{cm}^{-1}$  disebabkan adanya gugus C-H dengan atom karbon tak jenuh yang mengindikasikan bahwa adanya gugus alkil pada kedua senyawa tersebut. Absorpsi gugus tunggal CH relatif lemah, akan tetapi jika suatu senyawa memiliki banyak ikatan CH, maka efek gabungan absorpsi CH ini akan menghasilkan suatu puncak yang bersifat medium atau bahkan kuat. Hal ini sesuai dengan hukum Lambert-Beer, yaitu absorbans berbanding lurus dengan absorbansi (Oktarina, 2008).

Pada bilangan gelombang 1400 – 1600  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan pita serapan khas dari kitosan yang merupakan vibrasi tekuk dari gugus NH yang mengindikasikan keberadaan gugus  $\text{NH}_2$ . Pita serapan pada panjang gelombang 1463,97  $\text{cm}^{-1}$  untuk 0%; 1460,11  $\text{cm}^{-1}$  untuk 1%; dan 1462,04  $\text{cm}^{-1}$  untuk 2%, 3%, 4%, dan 5% menunjukkan adanya vibrasi ulur C-N amina alifatik (Dinata, 2012). Ikatan silang antara polivinil alkohol dan kitosan juga dapat dilihat dengan adanya pita serapan pada daerah 1600 – 1650  $\text{cm}^{-1}$  (Paradossi, dkk., 1996).

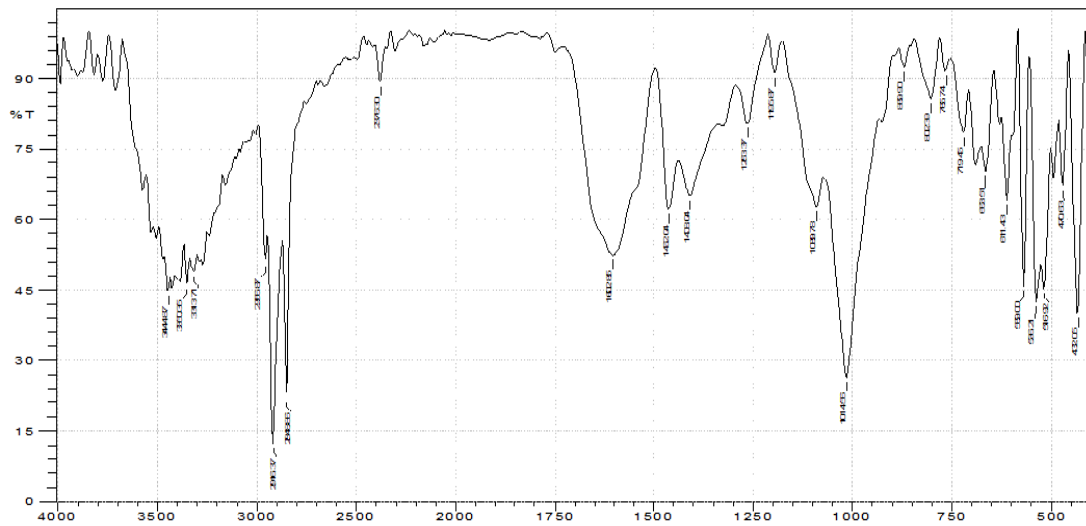
Senyawa alumina sendiri dapat diketahui dengan banyaknya pita serapan yang muncul pada daerah sidik jari yakni pada bilangan gelombang 432  $\text{cm}^{-1}$  yang makin tajam seiring dengan peningkatan penambahan konsentrasi alumina. Pita serapan yang muncul disebabkan adanya getaran dari  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (Joni, 2007).

#### *Analisis Konduktivitas*

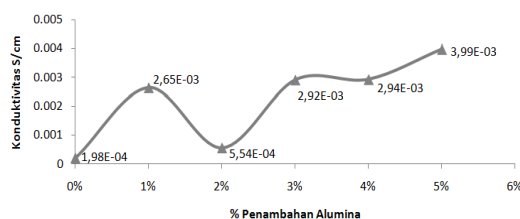
Analisis Spektroskopi Impedansi dari membran dihasilkan nilai konduktivitas yang disajikan pada grafik dalam Gambar 3.



Gambar 1. Spektrum FTIR Membran kit-PVA-Li



Gambar 2. Spektrum FTIR Membran kit-PVA-Li-Alumina 5%



**Gambar 3.** Hubungan % berat penambahan alumina terhadap nilai konduktivitas membran elektrolit kitosan-polivinil alkohol-litium

Nilai konduktivitas membran elektrolit polimer terhadap penambahan alumina 0%, 1%, 3%, 4% dan 5% cenderung meningkat dikarenakan adanya penambahan dari alumina itu sendiri yang komposisinya cenderung

meningkat. Peningkatan konduktivitas dikarenakan banyaknya jumlah ion dan mobilitas ion dalam membran yang semakin terarah, yang diakibatkan oleh adanya filler alumina, dimana struktur kristal dari korondum alumina yang kokoh mengakibatkan semakin berkurangnya pori-pori pada membran (Yang, dkk., 1991), sehingga sehingga pemisahan molekul-molekul atau rejeksi makromolekul dari membrane menjadi lebih efektif (Wang, dkk., 2001).

Terdapat sedikit perbedaan untuk nilai konduktivitas pada penambahan alumina 2%, dimana nilai konduktivitas pada persen penambahan ini memiliki nilai terkecil, hal ini dikarenakan ketebalan dari membran dipenambahan 2% alumina yang sangat tipis jika dibandingkan dengan rata-rata ketebalan

membran pada penambahan alumina lainnya. Tipisnya membran pada penambahan 2% alumina mengakibatkan terbentuknya kelompok hidrofilik yang memiliki tingkat keasaman tinggi dalam membran sehingga membentuk terowongan-terowongan berkelok dalam membran yang mengakibatkan tertutupnya aliran elektron pada membran. Tertutupnya aliran elektron pada membran mengakibatkan terjadinya penurunan konduktifitas pada membran (Smitha, dkk., 2003).

Selain itu ion-ion dalam membran juga berpengaruh dalam peningkatan nilai konduktivitas, dimana dalam hal ini adanya gugus OH dari polivinil alkohol dan gugus  $\text{NH}_2$  dari kitosan yang mempunyai hantaran yang baik, dan dapat membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan ion litium melalui pasangan elektron bebasnya sehingga dapat meningkatkan nilai konduktivitas (Lindawati, 2011).

Secara umum, penambahan persen berat alumina dalam penelitian ini terhadap membran elektrolit polimer disertai dengan peningkatan nilai konduktivitas, namun pada penambahan filler yang terus-menerus sampai dengan konsentrasi tertentu akan menurunkan difusi elektron didalam polimer (Ghufira, dkk., 2013). Penurunan difusi elektron akan mempengaruhi interaksi kolom antara material pembawa (alumina) dengan sisi-sisi polimer, dimana semakin besar konsentrasi alumina mengurangi ruang gerak polimer elektrolit untuk menghantarkan elektron.

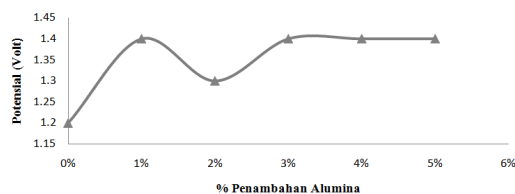
Majid & Arof (2005) menyatakan bahwa jumlah ion yang terlalu tinggi dapat menyebabkan mobilitas ion menjadi menurun, karena terjadi kepadatan ion. Majid & Arof (2005) menyampaikan bahwa jarak antara ion-ion suatu polimer tidak boleh terlalu dekat karena dapat terjadi penggabungan ion dan membentuk suatu senyawa netral yang tidak memberikan kontribusi terhadap konduktivitas.

Data konduktivitas yang diperoleh telah memenuhi standar untuk dijadikan suatu baterai. Mengacu pada Linden (2002) yang menyatakan bahwa standar konduktivitas suatu membran polimer yang dapat diaplikasikan sebagai bahan baku untuk baterai adalah  $10^{-7}$  S/cm –  $10^{-3}$  S/cm, maka membran Kitosan-PVA-Litium-Alumina dapat dijadikan sebagai bahan baku baterai. Pada nilai konduktifitas antara  $10^{-7}$  S/cm –  $10^{-3}$  S/cm, suatu membran memiliki mobilitas elektron yang tinggi sehingga hal ini akan mendukung fungsi dari membran

sebagai bahan baku baterai.

#### *Analisis Uji Perbandingan Potensial Antara Baterai Berbahan Dasar Elektrolit Polimer Dengan Baterai Komersial*

Hasil pengujian Potensial antara baterai berbahan dasar elektrolit polimer dengan baterai komersial dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hubungan % berat penambahan alumina terhadap nilai Potensial baterai elektrolit kitosan-polivinil alkohol-litium.

Baterai berbahan dasar elektrolit polimer yang ditambahkan dengan garam litium memiliki mekanisme kerja, dimana ketika anoda dan katoda terhubung maka elektron akan mengalir dari anoda menuju katoda, maka listrik pun akan mulai mengalir. Dibagian dalam baterai terjadi sebuah proses pelepasan ion lithium pada anoda, kemudian ion tersebut akan berpindah menuju katoda melalui elektrolit. proses transfer elektron ini akan terus berlangsung hingga terjadinya kesetimbangan elektron (Mihai, 2012). Berdasarkan teori ini, maka jika proses kesetimbangan telah terjadi maka baterai tidak akan mengalirkan elektron lagi, jika dilakukan pengisian elektron kembali maka proses transfer elektron dapat kembali berlangsung. Pengisian kembali elektron ini, dimungkinkan karena sifat dari ion litium yang dapat menyimpan elektron dalam jumlah besar (Ghufira, dkk., 2013). Berdasarkan hal tersebut maka pengembangan dari membran polimer kitosan-polivinil alkohol-litium-alumina dapat dikembangkan menjadi baterai paten yang bersifat rechargeable.

Baterai yang dibuat dari elektrolit polimer kitosan-polivinil alkohol-litium dengan penambahan alumina 5% memiliki nilai konduktivitas tertinggi. Pengujian potensial dilakukan pada rangkaian terbuka, dimana pada baterai berbahan dasar elektrolit polimer dengan penambahan alumina 0% - 5% memiliki nilai potensial yang cenderung meningkat seiring dengan penambahan alumina tersebut. Dimana potensial tertinggi yang dimiliki yakni pada % berat penambahan bentonit 1%, 3%, 4% dan 5 % senilai 1,4 Volt sedangkan untuk alumina 2% bernilai 1,3 Volt dan alumina 0% bernilai 1,2



Volt. Tetapnya nilai Potensial dari 1%, 3%, 4% dan 5 % dikarenakan pembuatan baterai masih dilakukan secara manual sehingga kerapatan elektrolit polimer baterai masih belum baik. Linden (2002) menyampaikan bahwa desain dari baterai dapat mempengaruhi nilai dari tegangan serta arus baterai, Akan tetapi baterai dengan elektrolit polimer memiliki kelebihan, yaitu bersifat ramah lingkungan, fleksibel serta proses yang lebih sederhana.

Nilai tegangan yang dimiliki baterai berbahan dasar elektrolit polimer tidak terlalu berbeda jauh dengan nilai tegangan yang dimiliki baterai komersial yaitu sebesar 1,5 Volt. Berdasarkan karakteristik ini baterai berbahan dasar elektrolit polimer dapat diaplikasi sebagai baterai (Riyanto, dkk., 2011).

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil penelitian bahwa membran blend kitosan-PVA- $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Li telah dikarakterisasi. Spektrum FTIR menunjukkan bahwa senyawa blend kitosan-PVA- $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Li merupakan kombinasi senyawa blend kitosan, PVA dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Hasil analisis spektroskopi impedansi juga menunjukkan bahwa dengan penambahan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  kedalam blend kitosan-PVA secara umum meningkat. Demikian juga hasil pengukuran Potensial meningkat dengan meningkatnya  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dalam blend kitosan-PVA- $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Li.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penelitian ini, khususnya kepada laboran Laboratorium Penelitian Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Tadulako Palu, Sulawesi Tengah atas bantuannya selama penulis melaksanakan penelitian.

### Referensi

- Budavari, S. (2001). *The merck index: An encyclopedia of chemical, drugs, and biologicals*. USA: Merck & Co. Inc.
- Dinata, M. (2012). *Sintesis kitosan bead terikat silang asam sulfat untuk menurunkan kadar zat warna yellow irk*. Skripsi, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Ghababazade, R., Mirhabibi, A., Poursad, J., Brown, A., Brydson, A. & Amiri, M. J. (2007). Study of the phase composition and stability of explosive synthesis nanosized  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . *Journal Surface Science*, 601(1), 2864-2870.
- Ghufira, Yudha, S. P., Angasa, E., Triyogo, F. & Fitrianiingsih, E. (2013). Studi konduktivitas ionik polimer elektrolit PEO - bentonit - $\text{LiClO}_4$  dan PEO-getah damar- $\text{LiClO}_4$ . *Semirata FMIPA UNILA*, 1(1), 143-147.
- Jin, J., Song, M. & Hourtston, D. J. (2004). Novel chitosan-based films cross-linking by genipin with improved physical properties. *Biomacromol*, 5(1), 162-168.
- Joni, M. (2007). *Diklat kuliah pengantar biospektroskopi*. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Lindawati. (2011). *Preparasi dan karakterisasi komposit PEO-getah damar- $\text{LiClO}_4$  sebagai polimer elektrolit*. (Skripsi), Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- Linden, D. (2002). *Primary batteries-introduction handbook of batteries*. USA: The McGraw-Hill Companies.
- Majid, S. R. & Arof, A. (2005). Proton-conducting polymer electrolyte film based on chitosan acetat complexed with  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . *Journal of Physical B*, 355(1-4), 78-82.
- Marareza, H. (2014). *Pengaruh bentonit terhadap membran blend kitosan-polivinil alkohol-litium sebagai membran elektrolit untuk aplikasi baterei ion litium*. Skripsi S1 Program Sarjana Universitas Tadulako, Palu.
- Mihai, C. (2012). *Baterai Lithium*. Retrieved 26 November, 2015, from <http://elkimkor.com/2012/07/27/baterai-lithium>.
- Mirjalili, F., Hasmaliza, M. & Luqman, C. (2011). Preparation of nano scale  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  powder by the sol gel method. *Ceramics Silikaty*, 55(4), 378-383.
- Mohamed, N. S., Subban, R. H. Y. & Arof, A. K. (1995). Polymer batteries fabricated from lithium complexed acetylated chitosan. *Journal of Power Sources*, 56(2), 153-156.
- Oktarina, N. (2008). Pemanfaatan duri dan tulang ikan bandeng sebagai resin penyerap

- tembaga. Skripsi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Paradossi, G., Lisi, R., Paci, M. & Crescenzi, V. (1996). New hydrogels based on poly (vinylalcohol). *Journal of Polymer Science: Part A, Polymer, Chemistry*, 34, 3417-3495.
- Riyanto, B., Maddu, A. & Dewi, R. (2011). Baterai cerdas dari elektrolit polimer kitosan-PVA dengan penambahan amonium nitrat. *Jurnal Pengelolaan Hasil Perikanan Indonesia*, 14(2), 70-77.
- Sastrohamidjojo, H. (2007). *Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty.
- Smitha, B., Sridhar, S. & Khan, A. (2003). Synthesis and characterization of proton conducting polymer membranes for fuel cells. *Journal of Membran Science*, 225(1), 63-76.
- Subban, R. H. Y., Arof, K. & Radhakrishna, S. (1996). Polymer batteries with chitosan electrolyte mixed with sodium perchlorate. *Material Science and Engineering*, B38, 156-160.
- Syahril. (2012). *Studi spektroskopi Impedansi barium titanat pada temperatur tinggi*. Tesis Magister pada FMIPA Universitas Indonesia, Jakarta, Tidak diterbitkan.
- Tang, Z., Shi, L. & Qian, J. (2007). Neutral lipase from aqueous solutions on chitosan nano particles. *Journal Biochemical Engineering*, 34(1), 217-233.
- Wang, H., Fang, Y. & Yan, Y. (2001). Surface modification of chitosan membranes by alkane vapor plasma. *Mater Chemistry*, 11(1), 911-918.
- Xu, Z., Xiao, F. S., Purnell, S. K., Alexeev, O., Kawi, S., Deutsch, S. E. & Gates, B. C. (1994). Sol-gel synthesis of transparent alumina gel and pure gamma alumina by urea hydrolysis of alumina nitrate. *Journal Material Science*, 372, 346-350.
- Yang, D., Dunn, B. & Morgan, P. (1991). Preparation and evaluation of nanocomposites of polyfuran with  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and montmorillonite clay. *Journal Material Science*, 10, 485-490.